

50

Int. Cl.:

F 16 c

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl.: 47 b - 33/10

10

11

21

22

44

## Auslegeschrift 1 285 793

Aktenzeichen: P 12 85 793.1-12 (M 62004)

Anmeldetag: 5. August 1964

Auslegetag: 19. Dezember 1968

Ausstellungsriorität: --

30

Unionspriorität

32

Datum: 13. September 1963

33

Land: Frankreich

31

Aktenzeichen: 947517

54

Bezeichnung: Selbstschmierendes Lager

61

Zusatz zu: --

62

Ausscheidung aus: --

71

Anmelder: Metallurgie Francaise des Poudres METAFRAN, Paris

Vertreter: Beetz, Dipl.-Ing. Richard; Lamprecht, Dipl.-Ing. Konrad;  
Patentanwälte, 8000 München

72

Als Erfinder benannt: Antrag auf Nichtnennung

55

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DT-PS 897 778 »technika«, Nr. 21, 1961, S. 1403

DT-AS 1 085 050 bis 1406

DT 1 285 793

12.68 809 648/1790

Die Erfindung bezieht sich auf ein poröses, selbstschmierendes, durch Sintern von Pulver erhaltenes Lager für eine drehbare Welle.

Selbstschmierende Sinterlager werden bekanntermaßen pulvermetallurgisch durch Verpressen von Pulver und nachfolgendes Sintern hergestellt. Die dafür verwendeten Metallpulver haben je nach Herstellung auf mechanischem oder chemisch-physikalischem Wege Korngrößen von 5 bis 400  $\mu$  oder 0,5 bis 20  $\mu$ . Der auf pulvermetallurgischem Wege erhaltene Körper wird anschließend mit Schmiermittel getränkt, um die im Lager enthaltenen, miteinander verbundenen Poren mit der notwendigen Schmiermittelmenge zu füllen. Bei Rotation der Welle tritt dieses Schmiermittel wegen des teilweise vorhandenen Unterdrucks aus den Poren in den Lagerschmierspalt über.

Selbstschmierende Lager laufen wartungsfrei, sauber und geräuscharm; sie sind jedoch nur für kleinere Belastungen und niedere Gleitgeschwindigkeiten geeignet.

Ziel der Erfindung war daher eine Verbesserung der Belastbarkeit solcher Lager. Dabei wurde von folgenden Überlegungen ausgegangen:

Bei einem Metall-Sinterlager wird das Schmiermittel bzw. Öl anfänglich unter der Wirkung der Kapillarkräfte in den Poren gehalten. Damit nun das Öl in den Lagerspalt austreten kann, müssen diese Kräfte geringer sein als der durch die Rotation der Welle erzeugte Unterdruck, da anderenfalls kein Ölfilm gebildet werden kann. Für die Bildung des Ölfilms sollten die Poren also einen relativ großen Durchmesser haben.

Für die Erzielung einer genügend großen Tragkraft — mit der die Welle im Lager abgestützt wird — ist es dagegen vorteilhaft, wenn die Poren nicht zu groß sind, da das Öl die Tendenz hat, aus dem Bereich, in dem es unter Druck gesetzt wird, zu entweichen und in die Poren der Lagerschale zurückzutreten. Wenn also die Poren zu groß sind, findet die Zirkulation des Öls teilweise innerhalb des Lagers statt, und Versuche haben gezeigt, daß der Ölfilm bei hohen Drehzahlen und zunehmender Belastung durch Entweichen des Öls in die Poren aufreißt.

Für eine Verbesserung der Tragfähigkeit des Lagers sollten daher die Poren so fein wie möglich sein, und Versuche haben gezeigt, daß diejenigen Lager die höchste Tragkraft haben, deren Poren immer feiner sind, bis der Unterdruck im Lager einen Wert von etwa 1 kg/cm<sup>2</sup> erreicht, d. h. einen Unterdruck in der Nähe des absoluten Vakuums (bei dem ein Heraussaugen des Öls aus dem Lager nicht mehr möglich wäre). Bei einem Öl mit einer Oberflächenspannung von 32 dyn/cm entspricht das theoretisch einem Poredurchmesser von etwa 1,4  $\mu$ . Praktisch wurde jedoch festgestellt, daß ein Durchmesser von 3 bis 4  $\mu$  (gemessen durch Durchleiten von Gas) einem Unterdruck von 1 kg/cm<sup>2</sup> entspricht, was wahrscheinlich dadurch bedingt ist, daß die Poren keine vollkommen zylindrische Form haben.

Die notwendige Bedingung für den Ölzufluss in den Lagerspalt, wonach die Porosität und Größe der Poren nicht zu gering sein soll, scheint also der für eine erhöhte Belastbarkeit der Welle aufgestellten Forderung einer Porosität mit sehr kleinem Poredurchmesser zu widersprechen.

Hier ist nun zu bemerken, daß die Ursache für ein Zurückhalten des Öls im Lager die Kapillarkraft ist, die an der Außenseite oder an den Flanken des Lagers wirkt und nicht in der Zone zwischen Welle und Lager, in die das Öl leicht eindringt. Es folgt daraus, daß das Öl zwischen Welle und Lager eindringen kann, wenn die Luft von außen oder von den Flanken des Lagers her zutreten kann.

Das auf der Grundlage dieser Untersuchungen und Beobachtungen entwickelte erfindungsgemäße selbstschmierende Sinterlager ist dadurch gekennzeichnet, daß es in Kontakt mit der Welle eine feinporige Schicht enthält und auf der Seite der Atmosphärenluft eine Schicht mit großen Poren, wobei die Größe der feinen Poren so gewählt ist, daß die feinporige Schicht enthaltende Zone im Innern des mit Schmierflüssigkeit imprägnierten Lagers vakuumdicht ist, wenn die Außenseite des Lagers unter Atmosphärendruck steht.

Das heißt, ein im Innern des mit Schmiermittel imprägnierten Lagers (im Bereich der feinporigen Schicht) erzeugtes Vakuum soll erhalten bleiben, auch wenn die Verbindung zwischen Innenraum und Vakuumanlage getrennt wird.

Die erfindungsgemäßen selbstschmierenden Lager mit feinporiger Schicht in Kontakt mit der Welle und einer Schicht großer Poren auf der Atmosphärenseite haben, wie weiter unten näher gezeigt wird, gegenüber bekannten Lagern eine deutlich erhöhte Belastbarkeit.

Der Poredurchmesser der feinporigen Schicht hängt ab vom speziell angewandten Schmiermittel, er ist jedoch üblicherweise vorzugsweise kleiner als 3  $\mu$ , und die Poren der äußeren Schicht haben vorzugsweise einen Durchmesser von über 5  $\mu$ . Dabei ist insbesondere darauf zu achten, daß in der feinporigen Schicht zur Erfüllung der Forderung, daß ein im Innern des Lagers erzeugtes Vakuum auch bei Wegfall der Pumpleistung aufrechterhalten bleibt, eine bestimmte Porengröße nicht überschritten werden darf, so daß handelsübliche Pulver mit stark streuender Korngröße zur Herstellung derselben nicht geeignet sind.

Global betrachtet werden für die feinporige Schicht feinkörnige und für die großporige Schicht grob-körnigere Materialien verwendet. Es sind nun zwar bereits poröse selbstschmierende Lager bekannt, die aus einer inneren Zone und einer äußeren Zone bestehen, von denen die eine aus feinkörnigem und die andere aus grobkörnigem Metallpulver hergestellt werden soll. Bei diesem bekannten Lager handelt es sich aber zum einen nicht um ein Sinterlager, sondern um ein Lager, das aus Metallpulver und Kunstharz geformt und durch Wärmebehandlung verfestigt wird, wobei die jeweils erforderliche Porosität durch den prozentualen Kunstharzanteil mitbestimmt wird, und zum anderen handelt es sich um eine grundsätzlich andere Konzeption, bei der die innere Zone eine geringere Porosität aufweisen soll als die äußere Zone, während gemäß der Erfindung bei im wesentlichen gleichbleibender Porosität in der Gegend von 30 Volumprozent Zonen unterschiedlicher Porengröße (an die bestimmte Anforderungen gestellt werden) vorgesehen werden.

Die Schichtdicke der feinporigen Schicht, die sich über die gesamte Länge der Lagerfläche der Welle oder auch nur einen Teil derselben erstreckt, ist vorzugsweise kleiner als 1 mm, da der Oldurchtritt durch

die feinporige Schicht bei konstanter Volumenporosität und konstantem Druckunterschied mit  $1/r^n$  abnimmt (wobei  $r$  der Porenradius ist und  $n$  einen Wert zwischen 1 und 2 hat), also bei zu großer Schichtdicke der feinporigen Schicht zu stark gehemmt wird. Die umgebende großporige Schicht hat vorzugsweise eine Dicke von mehreren Millimetern.

Weitere Einzelheiten der Erfindung, die im übrigen durch die Unteransprüche gekennzeichnet werden, gehen aus der nachfolgenden Beschreibung hervor, die sich auf die Zeichnungen bezieht. Es zeigt

Fig. 1 ein erfindungsgemäßes Lager, senkrecht zu seiner Achse geschnitten,

Fig. 2 einen Schnitt entlang der Linie II-II der Fig. 1,

Fig. 3 einen Querschnitt einer Ausführungsvariante,

Fig. 4 einen Schnitt entlang der Linie IV-IV der Fig. 3,

Fig. 5 einen Querschnitt einer weiteren Ausführungsvariante,

Fig. 6 einen Schnitt entlang der Linie VI-VI der Fig. 5.

Fig. 1 und 2 zeigen eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Lagers, bei der die Porengröße von einem äußeren und einem inneren Teil verschieden ist. Im inneren Teil soll der Porendurchmesser in der Schicht 1 kleiner als etwa  $1,5 \mu$  sein, während der Porendurchmesser in der äußeren Schicht 2 in der Größenordnung von  $20 \mu$  liegen kann; er ist dort vorzugsweise immer größer als  $5 \mu$ . Zur Erzeugung von Poren mit einem Durchmesser von weniger als  $1,5 \mu$  können Pulver benutzt werden, deren

Korndurchmesser in der Größenordnung von  $4 \mu$  liegen.

Unter diesen Bedingungen kann die Luft im Unterdruckbereich des Lagers leicht von der Außenseite des Lagers her eindringen und aus dem Lager ein Ölvolume verdrängen oder freigeben, das dann die feinporige Schicht durchquert, die von beiden Seiten her von Öl umgeben ist, und an die Welle gelangt. In dem Bereich, in dem das Öl unter Druck gesetzt wird, ist die feinporige Schicht schwer zu durchdringen, das Öl kann nicht durch die Poren abfließen, und die Belastbarkeit des Lagers ist daher groß.

Mit diesem Lager wurden vergleichende Versuche durchgeführt. Bei diesen Versuchen wurde die Reibung oder eine Temperaturerhöhung der Lageranordnung in Abhängigkeit von  $p_m \cdot v$  gemessen. In diesem Produkt ist  $p_m$  die mittlere Flächenpressung im Lager, d. h. die gesamte Belastung durch die Welle in Kilogramm geteilt durch das Produkt aus dem inneren Durchmesser des Lagers und seiner Länge;  $v$  ist die Umfangsgeschwindigkeit der Welle in Meter pro Sekunde.

Bei den Versuchen wurden selbstschmierende Lager, deren Poren über die gesamte Dicke der Lagerschale annähernd gleich groß waren, mit einem erfindungsgemäßen Lager aus zwei Schichten verglichen.

Bei einem Wellendurchmesser von 25 mm, einer Drehzahl von 1500 U/min und einer Ölviskosität von 30 Engler bei  $50^\circ C$  wurden für das Produkt  $p_m \cdot v$  folgende Maximalwerte für eine Temperaturerhöhung um  $60^\circ C$  im Vergleich zur Umgebungstemperatur beobachtet:

Homogenes Lager mit $20 \mu$ Porendurchmesser	.....	18
Homogenes Lager mit $10 \mu$ Porendurchmesser	.....	25
Homogenes Lager mit $1 \mu$ Porendurchmesser	.....	praktisch 0
Zweischichtiges Lager mit 1 und $20 \mu$ Porendurchmesser	.....	110

Die feinporige Schicht war etwa 0,25 mm dick, die Dicke des gesamten Lagers lag bei 5 mm.

Eine Möglichkeit zur Prüfung, ob die feinporige, mit Öl imprägnierte Schicht des erfindungsgemäßen Lagers der optimalen Ausführung entspricht, besteht darin, im Innern des (abgeschlossenen) Lagers einen Unterdruck bzw. ein Vakuum zu erzeugen, während die Außenseite auf Atmosphärendruck gehalten wird. Auf Grund der Druckdifferenz bzw. der Saugwirkung des Unterdruckes beginnt das Öl des Lagers dann in das Innere des Lagers einzudringen, und es kommt dann zu einem Stillstand des Ölaustritts, wenn die Außenluft die feinporige Schicht erreicht. Der Unterdruck bzw. das Vakuum im Innern des Lagers bleibt sogar bestehen, wenn man das in der Leitung von der Vakuumpumpe zum Lager angeordnete Ventil schließt. Bei allen anderen Lagern, die keine genügend feinporige Schicht enthalten, steigt der Druck im Innern des Lagers durch Luftzutritt an.

Die Fig. 3 und 4 zeigen eine Ausführungsvariante, bei der eine sich über die gesamte Dicke der Lagerschale oder -buchse erstreckende Schicht 3 mit einem Porendurchmesser von etwa  $1 \mu$  zwischen zwei sich stirnseitig anschließenden Schichten 4 angeordnet ist, deren Porendurchmesser etwa  $20 \mu$  beträgt. Der Luftzutritt und damit der größte Ölzufluß findet von der Seite der Zonen statt, deren Porendurchmesser der größere ist.

Die Fig. 5 und 6 zeigen eine weitere Ausführungsvariante durch Kombination der beiden vorhergehenden, bei der eine feinporige Schicht 5 vorgesehen ist, die von außen und von den Seiten von einer Schicht 6 umgeben ist, deren Poren einen größeren Durchmesser haben.

Selbstverständlich kann im Rahmen der Erfindung beispielsweise der Porendurchmesser mit der Art des Schmiermittels verändert werden. Bei Verwendung von Siliconöl sollte der Durchmesser der feinen Poren um etwa einen Faktor 3 kleiner sein als bei dem im Beispiel angeführten Öl.

#### Patentansprüche:

1. Poröses selbstschmierendes, durch Sintern von Pulver erhaltenes Lager für eine drehbare Welle, dadurch gekennzeichnet, daß es in Kontakt mit der Welle eine feinporige Schicht (1 bzw. 3 bzw. 5) enthält und auf der Seite der Atmosphärenluft eine Schicht (2 bzw. 4 bzw. 6) mit großen Poren, wobei die Größe der feinen Poren so gewählt ist, daß die die feinporige Schicht enthaltende Zone im Innern des mit Schmierflüssigkeit imprägnierten Lagers vakuumdicht ist, wenn die Außenseite des Lagers unter Atmosphärendruck steht.

2. Poröses Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die feinporige Schicht (1) sich

über die gesamte Länge der Lagerfläche der Welle erstreckt und die großporige Schicht (2) die feinporige Schicht nach der Außenseite des Lagers hin umschließt.

3. Poröses Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die feinporige Schicht (3) nur einen Teil der axialen Länge der Lagerfläche der Welle ausmacht und eine großporige Schicht (4) an jedem Ende des Lagers angeordnet ist.

4. Poröses Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine feinporige Schicht (5) sich nur über einen Teil der Länge der Lager-

fläche der Welle erstreckt und daß diese Schicht auf der der Atmosphäre zugewandten Seite vollkommen von einer Schicht (6) mit großen Poren umgeben ist.

5. Poröses Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die feinporige Schicht, die über die gesamte Länge der Lagerfläche der Welle reicht und die Form eines zylindrischen Ringes besitzt, eine Dicke aufweist, die kleiner als 1 mm ist, und daß die großporige Schicht, die die feinporige Schicht bedeckt, eine Dicke von mehreren Millimetern hat.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

FIG.1

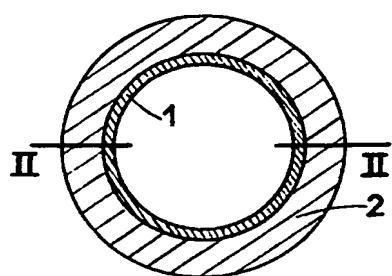


FIG.2

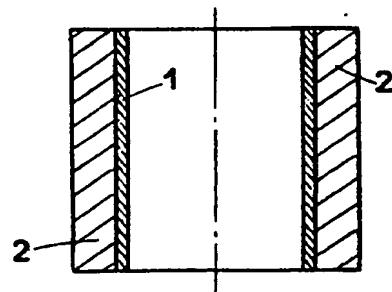


FIG.3

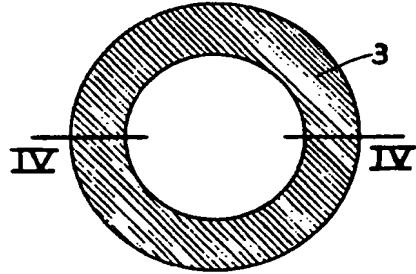


FIG.4

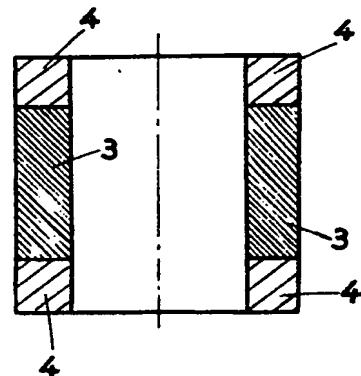


FIG.5

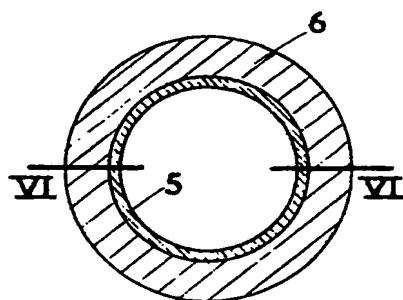


FIG.6

